

力覚を有する次世代手術ロボットの基礎研究

知能メカトロダイナミクス研究室 中原正寛

1. はじめに

著者らの研究室では、既報⁽¹⁾で DC モータを用いたエネルギー回生型マスタースレーブシステムを提案しており、力覚を有しバッテリー交換不要な電動義手や、力覚を有する手術ロボットなど、様々な用途への適用を検討している。

このシステムの利点は力センサや電流センサを必要とせず、スレーブモータの負荷をマスタモータに再現する力覚を構成できることである。しかし、既報⁽¹⁾においてはマスタモータ並びにスレーブモータにおけるトルク係数や出力ギアの減速比による比によって、マスターとスレーブの力覚の比率を変更することになり、作動中に力覚倍率を変更できない問題がある。

そこで、この問題を解決するために、文献⁽²⁾において提案されている電流検知用抵抗器と OP アンプ並び FET を用いたカレントミラー回路をスレーブモータに並列に接続し、マスタモータとスレーブモータに流れる電流に差をすることで、力覚倍率を変更できないか検証したので報告する。

2. 提案するマスタースレーブシステムの概要

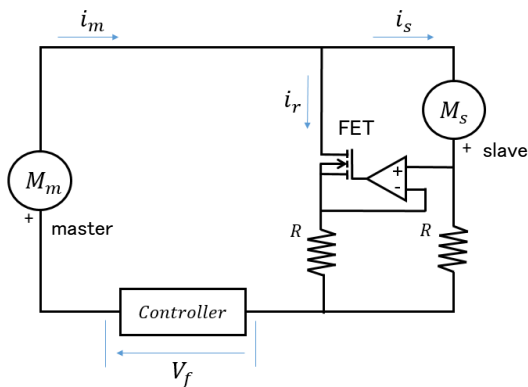


図1 カレントミラー回路を用いたシステムの電氣的モデル

図1のように、カレントミラーを用いることでスレーブモータに流れる電流 i_s と等しい電流 i_r がマスタモータ M_m だけに流れる。これによって、マスタモータとスレーブモータの電流倍率が2倍となる。既報⁽¹⁾ではマスタモータとスレーブモータに流れる電流が等しいことで、マスタモータ並びにスレーブモータのトルク定数やギア比によって力覚倍率を固定していたが、その力覚倍率をさらに2倍にできる。

さらに図2のように、ポテンショメータ R_p を追加することで力覚倍率を2倍だけではなくより大きくとることができる。そして、図1では電流がFETのドレインからソースへと流れる方向すなわち i_r が正でなければ動作しないが、ダイオード D_1D_2 とP型N型両方のFETを用いることで i_r が正負どちらの場合でも対応することができる。

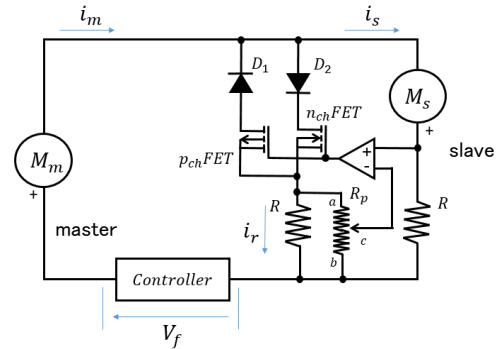


図2 提案するシステムの電氣的モデル

3. 実験結果

2章で提案したシステムの有効性を確認するために、制御回路からの出力のPWMデューティ比と、任意の設定倍率になるポテンショメータ ab 間抵抗値に変えた時のマスタモータ電流とスレーブモータ電流を計測した。その時の電流倍率は図3のようになった。

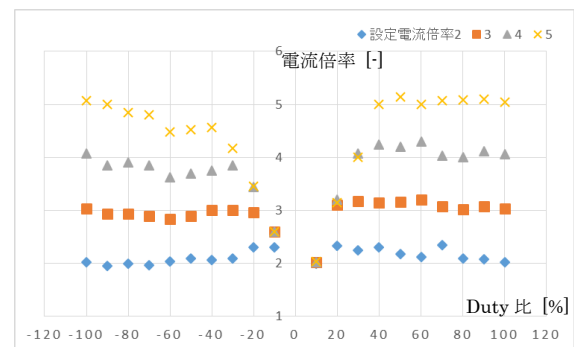


図3 提案するシステムの応答

図より、大体の範囲において多少のばらつきはあるものの、望んだ倍率が得られている。しかしながら、制御回路からの出力が低いときは、電流倍率が低い値となる結果となった。これは、 D_1 並びに D_2 によってスレーブモータ電圧が低いと i_r が流れないことが原因であると考えられる。

4. おわりに

既報⁽¹⁾システムにカレントミラー回路を応用し、さらに力覚倍率を任意に設定可能な図2の回路を提案した。実験により、図2のようにダイオードを付加することで、一部応答がわるい範囲があるが大体の範囲において設定した電流倍率に近づくことができ、提案システムの有効性が確認できた。

参考文献

- (1) 伊賀上 他, エネルギー回生を用いたマスタースレーブの研究, 日本機械学会中国四国支部第50期総会・講演会講演論文集, No.125-1(2012), K-612
- (2) 仁木義規, et al. 高性能 CMOS カレントミラー回路の設計とその応用. [C] 電子・情報・システム部門 電子回路研究会, 2005.